

Analysis of the Application of RTK Technology in Underground Pipeline Surveying and Mapping

Lin Ma Yiyin Wang

Hebei Jiuhua Geo-Exploration And Surveying Co.,Ltd. (519th Of North China Geological Survey), Baoding, Hebei, 071051, China

Abstract

Real-Time Kinematic (RTK) technology has become a vital tool for underground pipeline mapping due to its real-time and high-precision positioning capabilities. This paper systematically analyzes the practical application process of RTK technology in pipeline surveying, with a focus on key operational aspects across all stages—from preliminary investigation and reference station deployment to mobile station calibration, point data collection, and data verification. To address common challenges such as signal obstruction and interference in complex urban environments, the study proposes optimization strategies including multi-base station networking, integrated inertial navigation, and hierarchical precision data collection, thereby enhancing the adaptability and reliability of surveying operations. These insights provide valuable references for engineering practices and contribute to the informatization of underground pipeline systems.

Keywords

RTK technology; underground pipelines; surveying and mapping; precision control; optimization strategy

试析 RTK 技术在地下管线测绘中的应用要点

马琳 王怡瑛

河北九华勘查测绘有限责任公司（华北地质勘查局五一九大队），中国·河北保定 071051

摘要

RTK技术凭借其实时、高精度的定位能力，已成为地下管线测绘中的重要工具。本文系统分析了RTK技术在管线测绘作业中的实际应用流程，重点阐述了从前期勘察、基准站布设、移动站调试到点位采集与数据核验各阶段的关键操作要点。针对城市复杂环境中常见的信号遮挡、干扰等问题，文章进一步提出了多基站组网、融合惯性导航、分级精度采集等优化策略，以提升测绘工作的适应性与数据可靠性。这些探讨可为相关工程实践提供参考，助力地下管线信息化建设。

关键词

RTK技术；地下管线；测绘；精度控制；优化策略

1 引言

随着城市地下管网系统越来越复杂，传统的测绘手段在效率以及精度方面渐渐难以契合现代化管理所需。RTK技术凭借载波相位差分来致使实现厘米级定位，给地下管线测绘赋予了新解决办法。这项技术极大缩短外业时间，还可在复杂环境里保持较高定位可靠度，当下已经广泛运用于管线普查、竣工验收、更新维护等各类情形。不过于实际使用当中，信号遮挡、多路径效应等状况依旧会对测绘成果的稳定性产生影响，需要借助科学的作业流程和技术优化去应对。本文结合实际，剖析了RTK技术在地下管线测绘里的关键应用环节，并且给出有操作性的优化提议，期望为相关

工程给予参考。

2 RTK 技术在地下管线测绘中的应用要点

2.1 前期勘察

测绘人员不能单单运用已有的管线图纸或者档案资料，因为这类信息或许陈旧或者存在偏误。一定要组织人员对测区展开实地踏勘，这趟实地走访起码要搞清几个关键状况：测区的地形地貌特性怎样，哪些区域高楼林立，哪些地方树木繁茂，这些环境因素会径直干扰卫星信号的接收^[1]。更为关键的是，要尽量找到并核查现有的管线检查井、阀门、标志桩等地面线索，将它们跟已有图纸进行初步对比，在心里构建一张实地状况的“草图”。另外需要关注测区内是否存在强电磁干扰源，像大型无线电发射装置或者高压输电线路。此阶段的工作做得越踏实，后续拟定技术方案以及应对潜在问题时就越能占据主动，可有效防止到达现场后才察觉

【作者简介】马琳（1981-），女，中国河北保定人，本科，工程师，从事市政、测绘研究。

信号接收艰难或者难以定位管线的被动情形。

2.2 基准站选址布设

保障卫星信号顺畅接收乃是选址的首要原则，理想位置一般需视野开阔，毫无明显遮挡物体。一般我们会优先选取测区中央地势较高的已知控制点，如此一来可信号朝着四周均匀传播。点位务必远离强烈的电磁干扰源，并且要保证地基稳定且可靠。在实际架设过程时，工作人员要严格去执行对中以及整平操作，借助光学对点器或者激光对中器，将仪器中心精准对向点位标志，运用长水准管或者电子气泡，让仪器处在水平的状态^[2]。天线高的量取要精确没有差错，并且要凭借多次测量取均值的方式来减小误差，它的量测方式以及数值要清晰地记录下来。一个架设稳固且参数正确的基准站，乃是整个 RTK 测量系统可提供高精度实时差分信号的根本保障。

2.3 移动站调试与信号稳定性测试

正式开始采集管线点之前，作业人员得在测区内已知坐标的控制点上开展比对测量工作。该步骤就像给整个测量系统做次“体检”，依靠将 RTK 测量的实时结果跟已知坐标对比，由此验证当前系统的实际精度能否契合项目所需。同时，需要密切留意移动站接收卫星信号的强度和稳定性。在街区巷道、高层建筑间或者林荫地带这类信号容易遭受干扰的区域，要格外关注仪器是否可持续获得并维持“固定解”状态。在实际操作中，于这些复杂环境下适当增加观测时间、保证对中杆上的圆气泡严格处于居中状态、耐心等待卫星几何构型得以优化，均是务必去遵守的操作纪律。只有确定移动站可稳定输出可靠的固定解信号，方可把它投入到正式的数据采集工作中。

2.4 管线点位逐点采集

作业人员得凭借技术设计书的要求，携带移动站去对各类管线特征点给予施测工作。这些特征点常见的有管线的转折点、分支点、变径点、窨井中心点和管线在地面的投影点等情况。在实际的操作当中，要把碳纤维对中杆垂直且稳固地放到待测点的正上方位置，在保证点位选择没有差错并且移动站信号处于稳定的固定解状态之后，才去触发数据采集键。每个点的采集都得维持数秒的稳定观测，并且同步在电子手簿中录入或是选择该点的属性信息，像管线类型、管径尺寸、埋设材质、井盖类型等。对于窨井这类设施而言，一般都要分别测量井盖中心的高程和井内管顶或者管底的高程，依靠计算得出管线的实际埋深。这个过程是丝毫不能马虎的，任何一个点要是有所疏漏或者产生偏差，都有可能对整条管线空间位置表达的准确性造成影响。

2.5 数据整理核验

工作人员首先要采集器或者手簿中所存的坐标数据以及属性记录完整地导出到计算机。数据核验要借助多种办法运用起来：对点位的平面分布是不是合理检查一下，同一管线的点序列在空间当中是不是连贯；拿重复观测的同名点坐标来对比，把可能存在粗差的数据排查掉；在有必要的时

候，可抽调部分关键点位，选用全站仪等传统测量手段来进行独立的检核工作，实现对 RTK 测量结果的验证。特别要重点留意那些在信号条件不太好的区域所采集到的数据，并且对其精度进行重点的评估工作。所有数据要经过作业人员自身检查、互相检查以及项目负责人抽查等多重的审核工作，确认其逻辑一致性以及精度可靠性。唯有凭借这些严格的校验流程，保证了数据没错之后，才可以把它交付去生成管线图或者建立数据库，真正地发挥 RTK 技术高效、精确的技术长处，为城市地下空间的精细化管理以及安全运行给予坚实的数据基础。

3 RTK 技术在地下管线测绘中应用的优化策略

管线测量最主要的是确定管线的平面位置、走向、埋深及管线相关属性。传统管线测量模式，外业探测成果需要由草图记录管线的埋深、连接关系，还有材质、管径大小、井深等 10 多项属性信息，非常不便且成果不易保管。随着 RTK 技术的发展，地下管线测绘工作将其融入其中，除了提高了作业效率，也让工程质量得以保障，特别是在多基站组网的支持下，分级精度采集和典型场景作业模板等发挥出自身价值，应用效果明显。

3.1 积极运用多基站组网增强信号

为了提高复杂城区或者地形起伏区域内信号覆盖的均匀性以及稳定性，运用多基站组网属于一种有效的技术办法。作业单位可于测区周边选取多个视野良好的制高点，同时去架设两台或者更多的基准站，这些基准站依靠无线网络或者电台链路形成一个局部提高网络^[3]。流动站可以接收来自多个基准站的差分数据，依靠内置算法来进行优化解算，这等同于在测区上方构建了一个更为致密、更为稳健的误差修正场。如此这般的好处极为明显，其可大幅度减少单基站作业之时常见的边缘区域信号衰减或者失锁情况，把测量员在街区深处或是楼宇间穿行时也可更快地获取到固定解，保证了数据采集的连续性以及整体精度^[4]。

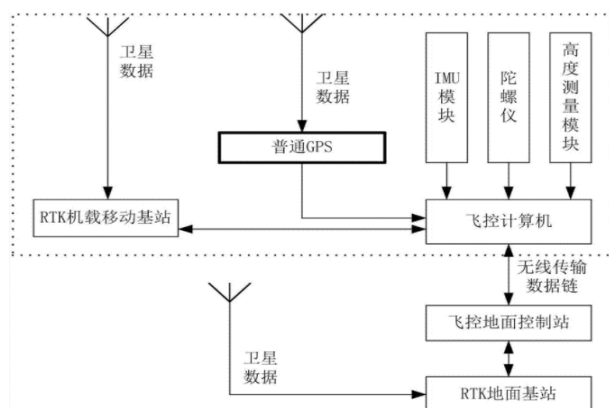


图 1 RTK 技术原理

3.2 融合惯性导航补偿遮挡区域

哪怕有多个基站的网络提供支持，在茂密山林之下、

高楼大厦间的峡谷或地下通道的出口这类极为隐蔽的环境之中,卫星信号依旧有可能会完全被阻断,致使RTK无法正常工作。这个时候,融合惯性导航单元就成为了对这些信号盲点进行补偿的核心所在。具体操作为,在流动站的对中杆上集成一个微小的惯性测量单元,它覆盖了陀螺仪以及加速度计。当RTK信号处于良好状态时,系统运用高精度的GNSS位置当作基准来开展校准工作;一旦进入到遮挡区域失去信号,IMU立刻就会启动工作,借助感应对中杆的姿态、方位以及运动加速度,实时计算出天线当下的位置^[5]。虽说这种计算得出的位置会随着时间的变化和距离的增加逐步产生累积误差,然而这对于支撑测量员在短距离的盲区之内持续采集管线点而言已经足够。一旦走出遮挡区域重新获取到卫星信号,系统会马上矫正累积误差,使其重新回到厘米级的精度。这种组合方式可让作业不再因为一时的信号丢失就彻底停止,非常适宜于穿越绿化带或者建筑物拐角处的管线追踪。

3.3 制定分级精度采集方案

制定一套分级精度的动态采集方案,需要项目负责人在技术设计阶段,依据管线的类型、关键性以及后续用途,清楚划分不同的精度等级段^[6]。比如说,对于主干管线和关键的阀门、转折点,一定要在最佳观测条件下展开采集工作,要求PDOP值小于2,并且延长观测时间以便保证毫米级精度;而对于一般性的、呈直线延伸的支线管线点,在信号状况良好时可适当减少每个点的采集用时,达到厘米级精度就行;在单纯用于连接和示意,对绝对坐标要求不高的管线段,甚至可在保障平面精度的状况下,放宽对高程精度的要求。作业员可在手簿上提前设定好这些不同等级的采集模板,在现场按照实际情形灵活运用,如此就可以把珍贵的作业时间更多地聚焦在关键部位,达成精度与效率的最佳平衡。

3.4 建立典型场景作业模板

项目团队可依据以往经验,归纳出一些最为常见的作业场景,像“开阔地管线普查”“城区密集街区详查”“林区管线穿越”以及“厂区复杂管网测量”等等。针对每种场景,在仪器配置软件内预先创建相应作业模板,该模板中已设定好此场景所推荐的数据链模式、卫星截止高度角、PDOP

限值、采样间隔、动态滤波参数之类^[7]。比方说,“林区模板”或许要启用更积极的多路径抑制算法,并把截止高度角降低,以便捕捉到更多卫星;而“厂区模板”或许会预先设定运用网络RTK模式,避免架设基站。作业员抵达现场之后,只需按照环境选取相应模板一键加载,设备就会自动完成多数复杂设置,这可实现快速开工,同时也保障了不同人员、不同班组之间作业方法的一致性,让最终数据质量更加均匀、更为可靠。

4 结语

总之,RTK技术运用给地下管线测绘带来高效且高精度测量方式,不过在实际运用当中应重视其信号依赖性引发的局限。从前期踏勘开始,接着到外业采集,然后至内业处理,每一环节都得精心设计以及严格落实。借助多基站组网、融合惯导、分级采集以及场景模板化之类的策略,在较大程度上可弥补RTK在遮挡环境下的缺陷,提高测绘成果的完整性及可靠性。未来依靠定位技术与多传感器融合模式的发展,RTK在地下空间测绘里的应用潜力还将持续释放,给智慧城市和地下基础设施管理提供更稳固的数据支持。

参考文献

- [1] 雷谊祥,雷丽.基于多模CORS的网络RTK性能测试及其在地下管线工程中的应用[J].测绘与空间地理信息,2025,48(03):154-156+159.
- [2] 陈倍.基于CORS系统的网络RTK技术在城市地下管线测量中的应用[J].测绘与空间地理信息,2021,44(05):163-165+168.
- [3] 罗洪军,周海波.基于北斗的多模网络RTK性能测试及在地下管线工程中的应用[J].北京测绘,2020,34(06):855-858.
- [4] 黄若洪.基于CORS系统的网络RTK技术在城市地下管线测量中的应用[J].智能城市,2019,5(16):83-84.
- [5] 张鹏飞,徐泮林.网络RTK在管线测量中的定位情况及精度分析[J].北京测绘,2018,32(04):437-441.
- [6] 陈丽佳,符湛斌.基于EPS广州市地下管线普查及数据升级的实践与探究[J].北京测绘,2017,(04):144-146+158.
- [7] 来有鑫.沈阳碳钢地下管线普查信息系统工程图根控制测量研究[J].世界有色金属,2017,(08):250-251.